

Л. К. Молоков, И. В. Рукавишникова,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ФАКТОРЫ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

The most significant aspects of the negative influence on environment of wind turbines are distinguished in this article. The essence and constituents of individual problems are considered. Some actual solutions to the related negatory phenomena are described.

Получение энергии с помощью ветроэлектрических установок (ВЭУ) как один из наиболее распространенных и перспективных видов альтернативной энергетики имеет множество экологических преимуществ по сравнению с традиционными способами получения энергии. Прежде всего это отказ от сжигания исчерпаемых топлив и несоизмеримо меньшие, чем у доминирующей в настоящее время топливной энергетики, выбросы вредных веществ в атмосферный воздух в процессе генерации энергии. Однако использование ВЭУ также связано с рядом явлений, негативно влияющих на среду обитания. Задачей этого исследования были выявление и систематизация основных факторов негативного воздействия ветроэнергетики на окружающую среду. Это необходимо для последующего детального исследования этих факторов, оценки экологического ущерба и нахождения путей уменьшения их воздействия.

С целью систематизации факторов негативного воздействия мы рассмотрели негативные явления на основных этапах жизненного цикла. Рассматривался типичный представитель соответствующих ветровых установок – промышленный крупногабаритный трехлопастной ветрогенератор. Были выделены следующие группы видов воздействия: негативные для среды эффекты при производстве, транспортировке, эксплуатации и утилизации ВЭУ.

Принцип работы ветрогенераторов основан на восприятии мощных ветряных потоков. Это подразумевает прочность элементов конструкций для гарантии устойчивости, а значит надёжной, продолжительной работы установок. Это обеспечивается во многом материалами, из которых ветрогенераторы изготовлены. Как правило это сложные композитные материалы. Наиболее

нежелательный эффект при производстве ВЭУ – эмиссия CO_2 при получении материалов лопастей ветрогенераторов. Важно отметить, что в процессе эксплуатации ВЭУ вредные вещества в воздух не выбрасываются, поэтому общие эмиссии жизненного цикла ветрогенераторов по результатам исследований [1] на два порядка меньше, чем у ТЭС соответствующей мощности.

Существенный вред окружающей среде приносит транспортировка комплектующих до места сборки ВЭУ, а также транспортировка этих же деталей до мест утилизации после истечения срока службы ветрогенераторов. При перевозке крупногабаритных лопастей сжигается существенное количество топлива, что приносит окружающей среде вред из-за выделения углекислого газа и ряда токсичных веществ (прежде всего оксидов азота, серы, углеводородов), объемы выделения которых пропорциональны объемам выделения CO_2 . Если принять за среднее количество ветряков на одной ферме число 150 и учесть, что крупногабаритное транспортное средство выделяет около 0.183 кг углекислого газа на километр пути, то выясняется, что продвижение всех лопастей (наиболее распространённый вид ветрогенераторов имеет три лопасти) до места сборки всего на один километр сопряжено с выбросами массой 164 кг CO_2 (на перевозку одной лопасти необходимо два транспортных средства). Это значит, что для получения массы выбросов диоксида углерода при преодолении пути от места производства лопасти ветрогенератора до места, где она будет к нему прикреплена к установке, необходимо умножить полученные 164 кг на число километров пути между соответствующими двумя пунктами. Таким образом, если ферма ветроэлектрических установок находится от места производства ее деталей на расстоянии, к примеру, 10 км, то их доставка будет сопровождаться эмиссией более чем в 1,5 тонны CO_2 .

Перейдем к рассмотрению факторов негативного влияния ВЭГ в процессе эксплуатации. Одним из эксплуатационных недостатков ВЭУ является шум, который порождается вследствие резкого столкновения воздуха с поверхностями лопастей ветроустановки. При этом возникает инфразвук

(частота до 20 Гц). Это может в течение длительного периода времени причинять вред всем живым организмам, так как нарушает процессы функционирования некоторых внутренних органов, в особенности, слуховых.

Согласно исследованию, проведенному в 2012 г. американскими учеными [2], было заключено, что индекс качества сна Питтсбурга (*PSQI*), признанный в мире точным показателем качества сна человека, возрастает в экспоненциальной зависимости при уменьшении расстояния от жилого здания, в котором спит человека до места расположения группы ВЭУ.

У испытуемых, проживавших уже на дистанции от 3300 до 5000 м от ближайшей фермы ветряков на момент эксперимента, наблюдались заметные отклонения в процессе сна, об этом говорит усредненный показатель в 6.6 *PSQI*.

Еще одним важным фактором влияния на окружающую среду устройств ветроэнергетики является масштабная оккупация природного пространства. Эта проблема имеет несколько составляющих, которые будут рассмотрены далее.

Наибольшую тревогу экологов вызывают травмирование и гибель птиц, попадающих в крутящиеся лопасти ВЭУ. Эта проблема была обнаружена, при начале эксплуатации больших групп ветряков. Птицам, летящим на уровне вращающихся лопастей, практически невозможно предусмотреть столкновение с вращающимися лопастями. Исследования показывают, что в США, стране, которая занимает второе в мире место по количеству произведенной с помощью ветрогенераторов энергии, ежегодно от столкновений с ВЭУ погибает приблизительно 150 тысяч особей [3].

Для решения этой важной проблемы недавно было предложено и имплементировано на некоторых фермах ВЭУ оригинальное решение – применение визуального контроля над территорией, занимаемой фермами ветрогенераторов и ее последующий моментальный анализ искусственным интеллектом. Это позволяет своевременно остановить работу некоторых ВЭУ, потенциально опасных в данный момент времени для летящей стаи птиц или одной особи.

Существенным является визуальное загрязнение, связанное в большинстве случаев с необходимостью установки крупных ветрогенераторов на высокие мачты, причем на широких ровных поверхностях (по причине повышенной скорости ветра на таких участках). Эта проблема является важной не только потому, что люди, живущие в непосредственной близости с группами ВЭУ жалуются на негативное влияние такой картины на их психику, за счет создания фермами техногенного ландшафта, но и потому, что зачастую множество одинаковых высоких мачт могут дезориентировать животных, проходящих среди них.

Негативное влияние на здоровье человека может быть вызвано стробоскопическим эффектом от мерцания тени при вращении лопастей ветрогенератора, который при определенных условиях приводит к эпилептическому припадку, хотя вероятность возникновения таких условий оценивается как один шанс на десять миллионов [4]. Тем не менее, при проектировании ВЭС для исключения этого воздействия моделируются зоны мелькания различной частоты и интенсивности, и результат учитывается при определении мест установки ВЭУ. Вспышки же от бликов солнца на лопастях в наши дни исключены, так как применяется специальное матовое покрытие.

Все большее значение приобретает проблема обращения с выработавшими срок эксплуатации ветрогенераторами. Как уже было отмечено, для изготовления лопастей ВЭУ используют материалы со сложным комплексным химическим составом, что вызывает большие трудности для утилизации вышедших из срока службы лопастей. Сейчас применяется банальное решение простого захоронения отработавших лопастей, однако это несет огромный вред литосфере Земли. Масса лопастей современных ветровых турбин примерно составляет 12,39 т на 1 МВт мощности, а у турбин, в следующие несколько лет которые придут в негодность, она равна 8,34 тонн на 1 МВт [5]. То есть, если в 2020 г. требуется захоронить на мусорных полигонах более 30 тыс. т ветровых турбин, то в 2025 г. – уже более 140 тыс. т, в 2030 г. – более полумиллиона тонн. Захоронение таких крупных объектов потребует их предварительного

измельчения путем перемалывания или резки, что достаточно энергозатратно. Это подтверждает актуальность задачи внедрения лопастей из нового, более экологичного типа материала, что позволит производить менее неблагоприятную и дорогую утилизацию.

Существует еще несколько методов обращения с наиболее трудно перерабатываемой частью ветряных турбин – лопастью, после выхода из срока эксплуатации ВЭУ. Таковыми являются:

- разделение композитного материала лопасти на фракции волокна и матрицы с целью восстановления энергетической способности несения нагрузки для соответствующих материалов;
- перепрофилирование лопастей для службы объектам, требующим меньших, чем для ВЭУ, прочностных характеристик конструкционных компонентов. Существует опыт использования лопастей для постройки мостов [6], детских площадок [7] и специальной уличной мебели [8].

Однако данные способы переработки пока практически не используются для крупномасштабной переработки лопастей ветрогенераторов, реализуются лишь в частных единичных заказах и на непостоянной основе.

В рамках концепции «Индустрия 4.0» ведется работа над созданием компьютеризированной системы роботов с искусственным интеллектом, поддерживающих между собой поток обмена данными и оптимизирующих и регулирующих самостоятельно производственные процессы.

Есть предложения по использованию подобной системы в ветроэнергетике. Группа ученых [9] предложила проводить анализ состояния лопастей во время их эксплуатации и сравнивать с их первоначальными механическими характеристиками, зависящими от условий их работы и определяемыми на этапе непосредственной их разработки, и последующий выбор возможного метода переработки (измельчение, расслоение, химическая обработка, термическая обработка, перепрофилирование).

Все вышеперечисленные факторы негативного воздействия ВЭГ на среду обитания необходимо подробно исследовать и оценить их масштабы. Это

необходимо для разработки технологий и решений по минимизации вреда от ветряной генерации. При этом экологические преимущества этого вида генераторов в сравнении с топливной энергетикой представляются нам бесспорными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких, П. П. Эффективность возобновляемой энергетики. Мифы и факты // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. – № 29. – С. 5–17.
2. Nissenbaum, M. A., Aramini, J. J., Hanning C. D. Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health// Noise Health. – 2012. – Vol.14. – Iss. 60. – P. 237–243.
3. Ruiqing, M., Prasenjit, N. G., Madhu, Kh., Weiwei, W. and Jian, R. Effect of wind turbines on bird abundance: A national scale analysis based on fixed effects models// Energy Policy. – 2019. – Vol. 132. – P. 357–366.
4. Simos, J., Cantoreggi, N., Christie, D., Forbat, J. Wind turbines and health: a review with suggested recommendations// Environ Risque Sante. – 2019.–Vol. 18. – N. 2. –P. 1–11.
5. Ратнер, С. В. Экологические и экономические аспекты утилизации солнечных панелей и ветровых турбин// Управление инновациями – 2020. Материалы международной научно-практической конференции (Москва, 16–18 ноября 2020 г.). – С. 69–74.
6. Jensen, J. P., Skelton, P. Wind turbine blade recycling: Experiences, challenges and possibilities in a circular economy// Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 97. – P. 165–176.
7. Medici, Ir. P. Human Health Risk Assessment of «Wikado» playground. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.woodguide.org/files/2014/09/Human-Health-Risk-Assessment-Wikado.pdf>. (дата обращения 15.04.2021).
8. Allameh, E., Heidari, M. Sustainable Street Furniture // Periodica Polytechnica Architecture. – 2020. – Vol.51(1). – P. 65–74.

9. Geiger, R., Hannan, Y., Travia, W., Naboni, R. and Schlette, Cr. Composite wind turbine blade recycling – value creation through Industry 4.0 to enable circularity in repurposing of composites. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/942/1/012016> (дата обращения 15.04.2021).